

TERÄSVERKON ASENNUSTYÖN KEHITTÄMINEN TIERAKENTAMISESSA



Ammattikorkeakoulututkinnon opinnäytetyö

Visamäki, Rakennus- ja yhdyskuntatekniikan insinööri

syksy, 2017

Jani Kumpulainen

Koulutus Rakennus- ja yhdyskuntatekniikan insinööri
Kampus Visamäki

Tekijä	Jani Kumpulainen	Vuosi 2017
Työn nimi	Teräsverkon asennustyön kehittäminen tierakentamisessa	
Työn ohjaaja/t	Jari Mustonen, Arto Ritamäki	

TIIVISTELMÄ

Tämän opinnäytetyön tilaaja on Lemminkäinen Infra Oy. Opinnäytetyö on kehittämisprojekti, jonka tavoitteena on vastata tutkimuskehityskysymyksiin, luoda kolme asennustyösuunnitelmaa ja koota hajallaan olevaa tietoa teräsverkkolujitteesta tierakenteessa.

Opinnäytetyössä on käytetty Tiehallinnon ja Liikenneviraston julkaisemaa materiaalia sekä kesän 2017 aikana kerättyä tietoa Lemminkäisen työmailta.

Opinnäytetyössä on kerrottu tietoa teräsverkkolujitteesta tierakenteessa ja sen asentamisesta. Opinnäytetyössä on tarkasteltu kolmesta eri osa-alueesta asennusmenetelmiä. Osa-alueilla on pyritty löytämään vastaukset tutkimuskysymyksiin.

Opinnäytetyön tuloksena on syntynyt kolme erilaista teräsverkonasennustyösuunnitelmaa. Tuloksena on myös vastattu tutkimuskysymyksiin ja kerätty tietoa hyvistä käytännöistä sekä laadittu suppeahko taulukko asennustyösaavutuksista kesältä 2017.

Avainsanat Teräsverkko, työsuunnitelma, asennusmenetelmä, kaivinkone

Sivut 34 sivua, joista liitteitä 3 sivua

Degree Programme in Building and Construction Engineering
Visamäki

Author	Jani Kumpulainen	Year 2017
Subject	Development of installation of steel wire mesh in road construction	
Supervisors	Jari Mustonen, Arto Ritamäki	

ABSTRACT

This Bachelor's thesis was commissioned by Lemminkäinen Infra Oy. The thesis was a development project aimed at answering research development questions, creating three installation plans and compiling scattered information on the use of wire mesh in the tier structure in road construction.

The steel mesh reinforcement in the road structure and its installation was discussed in the thesis. Three different methods of installation were considered to find answers to research questions. The sources used in the thesis were the material published by the Finnish Road Administration and the Traffic Agency. The information was collected during the summer of 2017 on Lemminkäinen's road building sites.

As a result of the thesis three different designs of a steel network installation were produced. The research question were also answered and information on good practices was collected including a small-scale table of installation achievements from the summer of 2017

Keywords steel wire mesh, working plan, installation method, excavator

Pages 34 pages including appendices 3 pages

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	1
1.1	Opinnäytetyön aihe.....	1
1.2	Opinnäytetyön tavoite	2
2	TERÄKSINEN TIEVERKKO.....	2
2.1	Teräksisen lujitteen käyttö historia Suomen tierakentamisessa	2
2.2	Teräksisten verkkojen käyttö	3
2.3	Teräsverkon tekniset vaatimukset	6
2.4	Teräsverkon asennusmenetelmät.....	7
2.4.1	Teräsverkon asennus kaivamalla.....	8
2.4.2	Asentaminen alusrakenteen päälle.....	10
2.4.3	Asentaminen pintarakenteeseen	11
2.5	Teräsverkon purkaminen tierakenteesta.....	12
2.6	Teräsverkko erilaisissa rakennekerroksissa	13
2.7	Teräsverkon asennustyön laadunvarmistus	15
3	TERÄSVERKON ASENNUSTYÖN KEHITTÄMISEN TUTKIMUSSUUNNITELMA	17
3.1	Teräsverkon kehitysprojektin asennustyön osa-alueet	17
3.2	Teräsverkon asennustyö osa-alueiden aineiston keräys ja toteutussuunnitelma.....	17
4	TERÄSVERKON ASENNUSTYÖN KEHITTÄMISEN TULOKSET	18
4.1	Teräsverkon asennus kaivamalla	18
4.1.1	Liikenne ja turvallisuus	18
4.1.2	Kalusto	19
4.1.3	Asennustekniikka.....	21
4.2	Teräsverkon asennus alusrakenteen päälle.....	22
4.2.1	Liikenne ja turvallisuus	22
4.2.2	Kalusto	23
4.2.3	Asennustekniikka.....	24
4.3	Teräsverkon asennus päällysrakenteeseen	25
4.3.1	Liikenne ja turvallisuus	25
4.3.2	Kalusto	26
4.3.3	Asennustekniikka.....	27
4.4	Kehityskysymykset	28
5	JOHTOPÄÄTÖKSET JA POHDINTA	28
5.1	Tulosten pohdinta ja johtopäätökset.....	28
5.2	Kehitysehdotukset.....	29
	LÄHTEET	30

Liitteet

Liite 1	Työsuunnitelma 1
Liite 2	Työsuunnitelma 2
Liite 3	Työsuunnitelma 3

1 JOHDANTO

1.1 Opinnäytetyön aihe

Tällä vuosituhannella teräsverkon käyttö on yleistynyt valtion teiden korjaushankkeissa. Teräsverkon käyttötulokset ovat kertoneet, että siitä on ollut merkittäviä taloudellisia ja rakenteellisia kestävyyshyötyjä konkreettisesti. Liikennemäärien kasvaessa on teiden kunto heikentynyt. Yhä useammin syynä on ollut routiminen tai kantavuusongelmat jatkuvien rasiuksien alla.

Pelkkä uusi ajoratapinnoite ei itsessään takaa hyvää tietä, vaan on kannattavampaa ajatella korjauksen elinkaarta ja panostaa korjaamiseen. Korjaamista varten on suunniteltu erilaisia lujitteita, joita ovat synteettiset materiaalit sekä niiden yhdistelmät. Teräsverkkolujite valitaan sen teknisten ominaisuuksien ansiosta ja se onkin yleisin käytetty lujite tierakentamisessa. Tienkäyttäjille on jatkossakin turvattava sujuvat ja turvalliset tieyhteydet.

Teräsverkon asennustöistä ei ole julkaistu asennustyövaiheen suunnitelmia. Opinnäytetyön lopussa liitteissä 1, 2 ja 3 esitellään työssä syntyneet asennustyövaiheen suunnitelmat.

Työssä kerrotaan aluksi teräsverkosta ja sen käyttötarkoituksesta. Työn tarkoitus ei ole selvittää, mitä teräsverkko on, vaan siinä keskitytään teräsverkon asennustekniikkaan ja sen kehittämiseen. Opinnäytetyössä on käytetty hyväksi olemassa olevaa tietoa erilaisista lähteistä. Kesän 2017 aikana on kerätty tietoa teräsverkon asennustyön nopeudesta ja työsaavutuksista. Tiedoista on koostettu työhön vertailutaulukko.

Opinnäytetyön tilaaja on Lemminkäinen Infra Oy. Lemminkäinen on rakennusyhtiö, joka toimii lähes kaikilla rakentamisen osa-alueilla. Sen vahvoina osaamisalueina pidetään asfaltointia ja tienrakentamista. Lemminkäinen toimii Suomessa, Ruotsissa, Norjassa, Tanskassa, Venäjällä, Virossa, Latviassa ja Liettuassa. Suomessa Lemminkäisen päällystysyksikkö toimii koko maassa, ja se vastaakin isolla osuudella kaikista asfaltointi- ja päällystystöistä kaupungeissa, kunnissa ja valtion hankkeissa. (Lemminkäinen n.d.)

Teräsverkon asennustyö on pitkälti käsityötä ja hidasta toteuttaa. Tässä työssä kerrotaan työvaiheissa käytetyistä koneista ja tarkastellaan koneiden ja työryhmien yhteentoimivuutta, jolla saataisiin työvaihetta tehostettua. Tutkimustyön keskeisiä tutkimuskysymyksiä ovat, miten asennustyötä kehitetään, miksi sitä pitää kehittää, millä asennustyötä aiotaan parantaa ja mitkä tekijät edesauttavat työvaiheen tekemistä. Tutkimuskysymyksiin vastataan luomalla visuaalinen työsuunnitelma kustakin mene-

telmästä ja tarkastelemalla kolmesta näkökulmasta työvaiheen menetelmiä. Opinnäytetyön tarkoituksena ei ole vastata täydellisesti kysymyksiin.

1.2 Opinnäytetyön tavoite

Tässä opinnäytetyössä yritetään löytää toimeksiantajalle helpottavampaa tapaa asentaa teräksinen verkko nopeammin erilaisiin kerroksiin turvallisesti.

Opinnäytetyön tavoitteena on vastata kehityskysymyksiin ja helpottaa yrityksen käytännön toteutuksen hallintaa laatimalla visuaalinen suunnitelma asennustyömenetelmään. Visuaalisen suunnitelman pohjana hyödynnetään yrityksen laatimaa liikenteenohjaussuunnitelmaa. Tutkimuksella haetaan tukea ja apua sekä kustannuskartoitukseen, jota hyödynnetään urakalaskennassa, että työnjohdolle työvaiheen toteutukseen.

2 TERÄKSIINEN TIEVERKKO

2.1 Teräksisen lujitteen käyttö historia Suomen tierakentamisessa

Suomessa lujiterakenteita ei ole käytetty kovinkaan pitkään. Erilaisia synteettisiä kankaita on alettu käyttää vahvisteena 1960-luvulta lähtien tierakentamisessa. Teräksisiä verkkoja (ks. Kuva 1) on alettu käyttää tien vahvisteena 1970-luvun lopulta lähtien. (Tiehallinto 2009,11)

Vahvisteilla on pääosin korjattu maanteiden routahalkeamaongelmaa. Suomessa teräsverkot ovat yleistyneet tienrakentamisessa voimakkaimmin 2000-luvulla. Havainnot ja tutkimustulokset kertovat, että vahvisteilla on saavutettu taloudellisia ja toiminnallisia hyötyjä. (Tiehallinto 2009, 11.)

Tiehallinto ja nykyisin tiehallinnon tilalla toimiva liikennevirasto ovat toteuttaneet pitkäaikaisia käytännön töitä, tutkimuksia ja erilaisia tutkimushankkeita tienrakentamisen geoteknisistä ominaisuuksista. Tutkimuksissa on todettu, että teräsverkoilla voidaan hidastaa ja korjata tierakenteiden vaurioitumisprosesseja. Tietoja hyödynnetään tällä hetkellä tienrakentamisen virallisissa suunnitteluohjeissa.



Kuva 1. Teräsverkko tiepohjan päällä (Kumpulainen 2017).

2.2 Teräksisten verkkojen käyttö

Teräksen käyttö perustuu teräksen hyvään vetolujuuskestävyyteen ja sitkeyteen vastustaa muodonmuutoksia.

Teräsverkon käyttö määräytyy nykyisen huonokuntoisen tien rakenteen parantamisen tutkimuksien ja selvityksien perusteella. Rakentamiseen suunniteltu budjetti määrää, tehdäänkö kokonaan uusi tie vai korjataan ko tietä siten, että saavutetaan rakenteenparantamistoimenpiteillä lopputuloksena tiekohteelle lisää käyttöikää.

Tutkimukset perustuvat erilaisiin koemittauksiin, kohteen historian tietoihin, maastohavaintoihin, kuormittavaan liikenteeseen ja tutkaukseen. Tulokset analysoidaan siten, että kartoitetaan tienkohdat, jotka tarvitsevat eniten apua. Näihin kohtiin valitaan parhaat ja kustannustehokkaat menetelmät. Menetelmän valintaan on kehitetty erilaisia rakennemalleja, joilla saavutetaan teoriassa halutut toimenpiteiden jälkeiset lopputulokset. Osassa rakennemalleja ovat mukana teräsverkot.

Suomessa teräsverkkojen keskeisiä käyttökohteiden perusteita ovat urautumisen estäminen, routanousuhalkeamat, painumahalkeamat, tien pitkittäispuuntaiset halkeamat, tierakenteiden heikko kantavuus, riittämättömät kerrosvahvuudet tierakenteissa, tienrakenteiden levennyskohteet ja fysikaalisten ilmiöiden vaikutuksien pienentäminen tai jopa kokonaan estäminen.

Teräsverkkojen tehtävät tulevat parhaiten esiin routivilla ja heikosti kantavilla tieosuuksilla. Teräsverkon tehtävänä on ottaa vastaan voimien ja kuormitusten aiheuttamia jännityksiä ja jakaa ne tasaisesti koko tierak-

kenteeseen. Käyttö keskittyykin lähinnä näihin osa-alueisiin. Verkoilla ei saada korjattua poikkisuuntaisia halkeamia eikä pituussuuntaista elämistä.

Sääolosuhteiden kylmentyessä maa saattaa jäätyä. Kovettuessaan maanrakennekerrosten ja teräsverkon yhdistelmä toimii kuten teräsbetonilaatta. Sääolosuhteiden aiheuttamat routanousuilmiot tasoittuvat tiealueelle teräsverkon avulla kohtuullisen tasaisesti.

Teräsverkolla lujittaminen perustuu verkon ominaisuuksien hyödyntämiseen. Teräsverkon poikittaiset päälangat ottavat kuormitukset vastaan verkon aukkojen sekä maanpaineen ja kitkan avulla. Teräsverkon kiinnityminen kerrokseen tapahtuu verkon päällä olevien kerroksien tiivistämisellä. Maa-aineksen rakeet tiivistyvät teräsverkon aukkoihin ja ankkuroivat verkon muuhun rakenteeseen. Passiivinen maanpaine ja kitka pitävät verkkoa kiinni rakenteessa. Teräsverkon ankkuroinnin pettäessä verkko pääsee liukumaan rakenteessa. Liukuessaan verkko menettää merkityksensä, koska ei pysty ottamaan kuormituksia vastaan. Teräsverkon ankkuroinnin varmistamiseksi maa-ainesten raekoon d_{50} tulisi olla 0,25-0,66 x verkon silmäkoko, jolloin maan ja verkon välinen kitkakulma on lähes maan sisäisen kitkakulman suuruinen. Raekoon ollessa pienempi tai suurempi, leikkausvastus pienentyy teräsverkon ja maa-aineksen välillä. Riskinä on verkon heikko ankkuroituminen. (Tiehallinto 2009, 26)

Verkkoja ei voida käyttää, jos tienrungossa on isoja kiviä tai maalohkareita. Routa saattaa liikuttaa näitä, ja suunta on useimmiten ylöspäin. Routan aiheuttaman kivennousun saattamana voi teräsverkko nousta pintaan. Riskin aiheuttavat myös isot poikkisuuntaiset heitot tai erittäin jyrkät kallistukset tierakenteissa. (Tiehallinto 2009, 28.)

Teräsverkkojen tulee ulottua suunnitellun kohdan pituushalkeamien ohitse vähintään 2 m (Tiehallinto 2005, 53), jotta se katkaisee pitkät voimien aiheuttamat pituushalkeamat (ks. Kuva 2). Lumi ei suojaa ajoradan pintaa sääolosuhteilta, joten se on altis olosuhteen muutoksille. Tämä aiheuttaa rungon elämistä, koska esimerkiksi ajoradan luiskassa oleva lumi eristää lämmön läpäisyä. Tämä routanousuero (InfraRYL 11100.3, 2009) pyritään tasaamaan ja hillitsemään siirtämällä se teräsverkon avulla tien keskikohdasta pientareisiin (Tiehallinto 2009, 14).

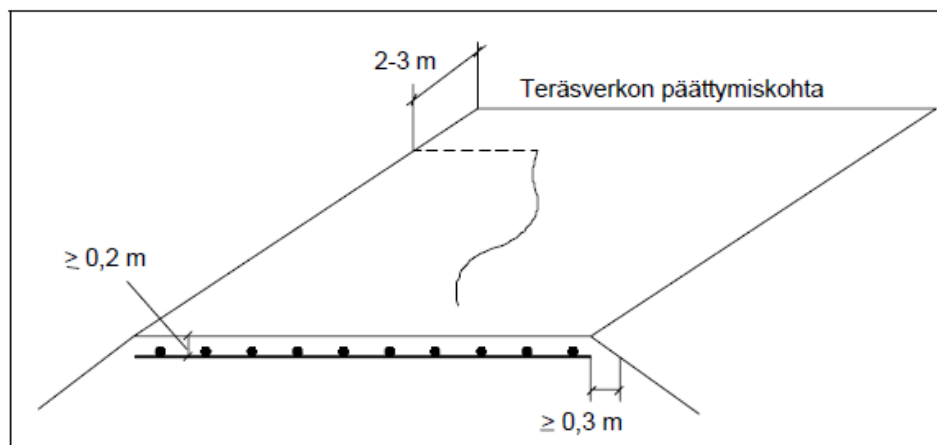


Kuva 2. Pitkittäissuuntainen routahalkeama (Yle 2013).

Teräsverkon sijoitusvyvyys määräytyy tien suunnitellun käyttötarkoituksen ja kustannustavoitteiden perusteella. Kussakin työkohdesuunnitelma-asiakirjassa määrätään, kuinka syvälle verkot asennetaan. Useimmiten käytetään minimisyvyytenä 100 mm lukien päällysteen pinnasta alaspäin. Sitomattomaan kantavaan kerrokseen pidetään optimisyvyytenä 200–300 mm, jos asentamisesta ei ole muuta määrätty. (InfraRYL 21620.3, 2009).

Teräsverkon leveys määräytyy nykyisen ajoradan mukaan korjauskohteissa, kun taas uudiskohteissa voidaan sijoittaa suunniteltu leveys. Korjattavassa kohteessa verkon leveys määräytyy osittain luiskien perusteella. Loivaluiskaisilla teillä leveyden tulisi olla molemmista reunoista 200–500 mm sisään päin luiskan ulkopinnasta katsottuna. Jyrkkäluiskaisilla teillä asennusvaatimuksena on koko päällysteenleveys. Jyrkissä kaarteissa vaatimuksena on päällysteen leveys. Mahdollisen upotussyvyyden vaikutus verkon leveyteen täytyy ottaa huomioon. (Tiehallinto 2005, 51.)

Teräsverkot asetetaan siten, että tien leveyssuuntaiset päälangat tulevat alapuolelle leveyssuunnassa ja niin sanotut sidontalangat tulevat yläpuolelle tien pituussuunnassa. Verkkoja ei limitetä, vaan ne asetetaan puskusaumoin yhtämittaisena jaksena suunniteltuun paikkaan. Kaarteissa verkot asetetaan puskusaumaan sisäkaarteissa ja ulkokaarteissa verkot vedetään hieman erilleen.



Kuva 3. Teräsverkkoperiaate tierakenteessa (Tiehallinto 2005, 51).

2.3 Teräsverkon tekniset vaatimukset

Teräsverkolle asetetaan monia vaatimuksia. Tuotteen kelpoisuus tulee osoittaa CE-merkinnällä tai todistuksella. Pääosin ratkaisee se, mitä erityisvaatimuksia suunnitelmien tuotevaatimusasiakirjat antavat kullekin kohteelle. Suomen standardit määräävät jo pelkästään teräslaadulle ja teräksenkäsittelylle omansa.

Tierakentamisessa käytetään pääosin sertifioitua tavallista terästä, joka on valmistettu kylmämuokatussa tilassa (B) kylmämuokatuista harjaterästangoista (k). Teräsverkot kasataan terästehtaalla vastuspistehitsausmenetelmällä. Hitsausliitoksen pitää olla vähintään FL40, mikä tarkoittaa hitsausliitoksen lujuutta 40 % pääterästen myötälujuudesta. (Liikennevirasto 2012, 23.)

Tiehankeissa ajatellaan tien elinkaarta, mikä tarkoittaa sitä, että teräslaadussa ja -paksuudessa on otettava suunnitelma-asiakirjojen määrittämä käyttöikä huomioon. Harvemmin tilataan sinkittyä tai ruostumatonta terästä, koska kasvattamalla teräksen paksuutta saadaan lisää käyttöikää kustannustehokkaammin.

Yleisesti on käytetty esimerkiksi B500K 8/8-150/150 2350/6000 -teräsverkkoa ja B500K 7/6-100/150 2350/7200 teräsverkkoa. Numero 500 tarkoittaa 500 MPa:n myötälujuuutta. Numero 7/6 tarkoittaa pääterästä ja sidelankaa millimetripaksuutena. Sidelanka on yleisesti ottaen ohuempi. Numerot 100/150 tarkoittavat verkon silmäkokoa, jossa pääteräkset ovat 100 mm:n välein ja sidelangat 150 mm:n välein. Viimeiset numerot tyyppimerkinnässä tarkoittavat teräsverkon pituutta (asennusetenemä) ja leveyttä (ajoradan leveys).

Työmaalla vastaanotettaessa teräsverkkoja tulee tarkastaa kuorma silmäämääräisesti ja kuormakirjoista. Niput suojataan valmistajan ohjeen mukaan. Jäiseen tai routivaan maahan verkkoja ei saa asentaa. Kuorma-

kirjat ja materiaalitodistukset liitetään laadunvarmistuspöytäkirjaan. Tie-rakenteisiin valmistavat teräsverkkoja muun muassa Pintos Oy, Rämö Oy ja Celsa Steelservice Oy. (Liikennevirasto 2012, 23.)



Kuva 4. Teräsverkko, joka on varustettuna kokotietolapulla (Kumpulainen 2017). Asettele kuvateksti samalle sivulle kuvan kanssa esim. kuvaa hieman pienentämällä.

2.4 Teräsverkon asennusmenetelmät

Teräsverkon asentamisesta ei ole olemassa erillisiä asennustyövaiheen toteutussuunnitelmia. Tämän opinnäytetyön yhtenä osana on laadittu sellaiset. Työmenetelmäkohtaiset asennuksen toteuttamisen suunnitelmat ovat liitteissä 1, 2 ja 3.

Teräsverkot kootaan terästehtailta nipuiksi. Yhdessä nipussa on esimerkiksi 24 kappaletta (ks. Kuva 5) verkkoja. Nippu painaa keskimäärin noin 1000 kg ja yksi kappale n. 50–80 kg verkkolaadun mukaan. (Pintos Oy n.d., 2.)



Kuva 5. Teräsverkkonippu peräkäräyssä (Kumpulainen 2017).

Verkot on ladottu nippuihin pääosin oikeinpäin eli sidelangat ylöspäin. Verkkojen tullessa väärinpäin työmaalle se aiheuttaa ylimääräistä työtä, kun jokainen kappale joudutaan erikseen kääntämään oikeinpäin.

Verkot toimitetaan työmaalle nosturilla varustetulla kuorma-autolla. Niput nostetaan tasaiselle, riittävän suurelle alustalle mahdollisimman lähelle asennuspaikkaa, ja lisäksi pitkälle matkalle voidaan niput jakaa jo valmiiksi sopivin välimatkoin tasaisille alustoille.

2.4.1 Teräsverkon asennus kaivamalla

Rakennuskohteessa, jossa ei sallita tien tasauksen nostoa, teräsverkot joudutaan asentamaan kaivintyönä kerrokseen. Rakennekerrokseen verkot asennetaan ensin kaivinkoneella kaivamalla ja sen jälkeen käsityönä, joko kuorma-auton lavalta tai penkereeltä siirtäen oikealle paikalleen.

Käsin siirrettäessä on hyvä käyttää apuna harjateräksestä taivutettua koukkuja, joka säästää ihmiskehoa.

Kaivettaessa on otettava tiellä kulkeva liikenne huomioon. Tiellä työskentelystä on varoitettava asianmukaisilla liikennemerkeillä ja tarvittaessa on järjestettävä erillinen liikenteenohjaus.

Kaivinkone asettuu toiselle kaistalle etenemissuuntaa kohti. Maanaineskerrosta kaivetaan työkohdesuunnitelmien mukaiseen syvyyteen koko ajoradan leveys kaista kerrallaan lyhyissä osuuksissa. Kaivettava maamassa siirretään liikennöimättömälle kaistalle (ks. Kuva 6). Kaivinkone tasaa asennuspohjan tasaiseksi suunnitelma-asiakirjojen vaatimuksien

mukaan ja suurimmat kivet kerätään pois. Kivet aiheuttavat verkon ylimääräistä rasitusta ja vääntymistä. Alustaa tiivistetään tarvittaessa, jotta saavutetaan riittävä tiiveys. Teräsverkot asetellaan luvussa 2.2 esitetyllä tavalla, minkä jälkeen maamassa siirretään takaisin. Maamassa tasataan välittömästi, jotta liikenne voidaan päästää turvallisesti ohitse ja teräsverkolle ei aiheuteta turhaa rasitusta (ks. Kuva 7).

Liikenne voidaan päästää kulkemaan verkkojen päällä ohjatusti. Vaarana ovat kuitenkin raskaat kuljetukset ja teräsverkon taittuminen tai tarttuminen ajoneuvoon. Liikenne saattaa siirrellä verkot pois paikaltaan, mikä lisää siirtelytyötä. Kaivintöiden jälkeen pintarakenne muotoillaan uudelleen tiehöylällä vaatimustenmukaisiin kaltevuuksiin. Kerros tiivistetään jyräämällä optimivesipitoisuudessa esimerkiksi 13 tonnin painoisella pohjajyrällä.



Kuva 6. Kaivinkone ja siirretty maamassa (Kumpulainen 2017).



Kuva 7. Teräsverkon asentaminen kaivamalla (Kumpulainen 2016).

2.4.2 Asentaminen alusrakenteen päälle

Teräsverkot voidaan asentaa alusrakenteen päälle, jolloin sallitaan tien tasauksen nousu. Teräsverkko asetetaan kuorma-auton lavalta (ks. Kuva 8) koko ajoradan leveydellä (ks. Kuva 9) oikeinpäin puskusaumoin, kuten kappaleessa 2.2. kerrottiin.

Verkkojen päälle levitetään tuotevaatimuksien mukaista kiviainesta. Koneen kuljettajia ohjeistetaan toimimaan tilanteen mukaan, jotta verkot pysyvät paikallaan ja rasittuvat mahdollisimman vähän.

Liikenne kulkee ohjatusti verkkojen päällä. Kiviaineskerros levitetään kuorma-auton lavalta ”mattona” verkon päälle ja tasataan tiehöylää apuna käyttäen. Työkohdesuunnitelmien mukainen kerros tiivistetään veden avulla. Viimeiseksi rakennetaan muotoiltava kulutuskerroksen alusta suunnitelma-asiakirjojen mukaiseen muotoon, jonka päälle mahdollinen uusi päällyste- tai kulutuskerros tehdään.



Kuva 8. Teräsverkon asennus pintarakenteen päälle (Kumpulainen 2017).



Kuva 9. Teräsverkon asennus on meneillään (Kumpulainen 2017).

2.4.3 Asentaminen pintarakenteeseen

Yksi asennusmenetelmistä on asentaa teräsverkot asfaltin sisään (ks. Kuvat 10 ja 11). Tällaista tapaa voidaan käyttää, kun alempia kerroksia on riittävästi tai kun ne ovat hyvässä kunnossa ja niitä ei haluta rikkoa.

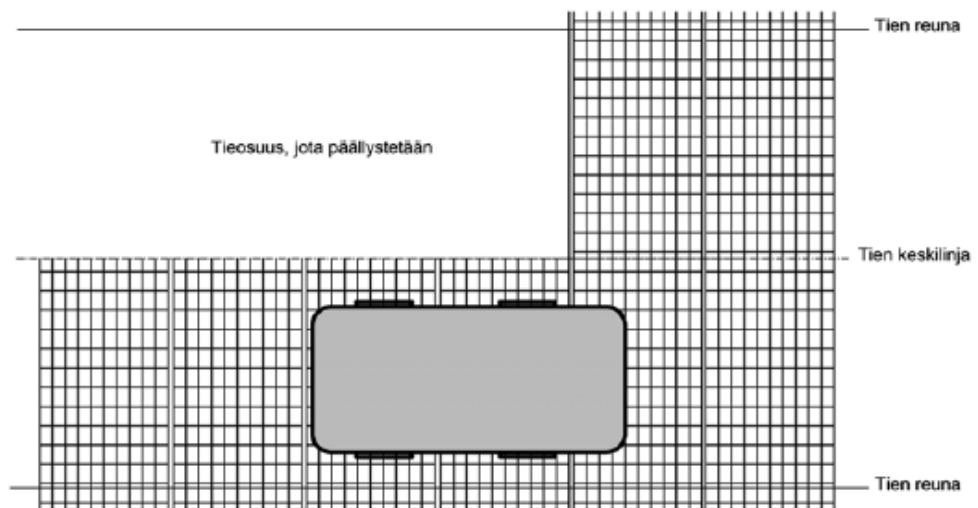
Verkot asennetaan samalla tavalla kuin edellisissä kappaleissa kerrottiin. Vanhan päällysteen deformaatiourat korjataan ensin. Tämän jälkeen asennetaan verkot asfalttisuojamassan avulla vanhan alemman urakorjatun päällystekerroksen päälle.

Verkkojen päälle tulevan asfalttisuojamassakerroksen täytyy olla riittävän paksu ja tuotevaatimuksien mukainen. Suojamassakerroksen päälle tehdään varsinainen ajoratapäällyste.

Työ voi säästää hankkeen kokonaiskustannuksia, mutta koneilla liikkuminen verkon päällä on haastavaa tai jopa vaarallista. Teräsverkot saattavat tarttua asfaltinlevittäjään tai puskea ne sivuun. Raskaat taakat verkkojen päällä pyrkivät nostamaan ja aiheuttamaan vetojännityksiä. Jännityksien jälkien seurauksena se voi aiheuttaa keskisauman halkeamisen tai päällysteen rikkoutumisen myöhemmin. (Tiehallinto 2005, 52.)



Kuva 10. Teräsverkon asennus asfaltin sisään (Roadex n.d.).



Kuva 11. Asfaltointityöt verkoilla (Tiehallinto 2009, 57).

2.5 Teräsverkon purkaminen tierakenteesta

Teräsverkkojen purkaminen on haastava työvaihe. Teräsverkot puretaan tien kunnostuksen takia tai silloin, jos teräsverkko on menettänyt vahvistemerkitseksensä rakenteessa.

Verkkoja ei pystytä kierrättämään. Verkkojen päällä olevat kerrokset joudutaan viemään kuorma-autoilla maankaatopaikalle uudelleen käsiteltäviksi. Purkamistyössä on tärkeä liikenneturvallisuus, koska verkot joudutaan lähes aina kaivamaan tierakenteista pois.

Vaaroina ovat esiin nousseet harjaterästangot ja purkamistyön kova-kourainen käsittely. Tie-alue on ahdas, ja liikenteen on päästävä kulkemaan sujuvasti. Työ vaatii erityisjärjestelyjä purkujätelogistiikan kanssa, jotta sekin työ voidaan toteuttaa sujuvasti.

Liikenne ohjataan viereistä kaistaa purkutyön aikana, ja toisella puolen ajorataan puretaan verkon toista osaa pois (ks. Kuva 12). Teräsromu kerätään ja lajitellaan erikseen muusta jätteestä. Pienet katkenneet terästäpit tulisi kerätä huolellisesti pois. Työ toteutetaan järeällä kaivinkoneella, johon saa kytkettyä purkukouran tai harauspiikit helpottamaan työtä.



Kuva 12. Teräsverkkojen purkutyö valtatie 21:llä (Kumpulainen 2017).

2.6 Teräsverkko erilaisissa rakennekerroksissa

Teräsverkot asennetaan työkohteen suunnitelma-asiakirjojen mukaan. Suunnitelma-asiakirjoissa on yleensä ilmoitettu syvyys ja lisättävät kerrokset.

Teräsverkon asentaminen sidottuun ja sitomattomaan kerrokseen ei eroa asennusmenetelmällisesti millään tavalla. Teräsverkkojen pohjien tulee olla vaatimustenmukaiset ja täyttää kerroksille asetetut rakeisuusvaati-

mukset. Teräsverkot eivät saa olla kovin ruosteessa, korkeintaan vain hieman pinnasta.

Suunnitelma-asiakirjoissa vaaditaan tiettyjä kantavuusarvoja. Tien kuormituskestävyyden ja routamitoituksen takia voidaan joutua lisäämään kantavuutta. Tällöin kysymykseen tulevat erikoisrakenteet kuten vaahtobitumistabilointi tai sekoitusjyrsintä (ks. Kuva 13).

Sekoitusjyrsinnällä tarkoitetaan vanhan tienpinnan jyrsimistä ja kiviaineksen sekoittamista. Vaahtobitumistabiloinnilla tarkoitetaan samaa kuin sekoitusjyrsinnällä, mutta sekoituksen yhteydessä lisätään sideainetta kuten vaahtotettua bitumia. Menetelmillä korjataan epätasaisuuksia, kantavuutta ja routavaurioita.



Kuva 13. Kaksi sekoitusjyrsinkonetta työssä (Kumpulainen 2017).

Käsitellyillä kerroksilla saavutetaan paremmat kantavuudet, joita mitataan erilaisilla menetelmillä kuten levykuormituskokeilla. Erilaisille rakenteille on määritetty moduuliarvot, joiden perusteella voidaan kantavuus laskea teoreettisesti.

Parantamismenetelmien valinnan avuksi on luotu taulukko (ks. Taulukko 1). Menetelmän valintaan vaikuttaa paikkakuntakohtainen routanousumitoitus. Routanousu vaikuttaa suurimmaksi osaksi siihen, valitaanko teräsverkko kohteeseen.

Taulukko 1. Tienvahvistamisen menetelmätaulukko (Tiehallinto 2005, 46).

Vahvistamistarpeen syy	Parantamismenetelmä
Liian ohuet kerrokset	murskenosto ¹⁾ sidottujen kerrosten lisäys ²⁾ stabilointi ³⁾
Rakeisuudeltaan heikko (hiekkavaltainen) kantava kerros	murskenosto ¹⁾ sekoitusjyrsintä lisämurskeella ⁴⁾ stabilointi ³⁾ sidottujen kerrosten lisäys ²⁾ teräs- tai lasikuituverkko ¹⁰⁾
Heikkolaatuinen (vettä sitova) kantava kerros ¹⁾	stabilointi ³⁾ sekoitusjyrsintä + sepelin lisäys ⁵⁾
Vanha päällyste tai vanha saviorakerros alle 0,3 m syvyydessä ¹¹⁾ , ei muuta korjaustarvetta	sekoitusjyrsintä ⁶⁾
Liian jyrkät luiskat, heikko reunakantavuus	luiskien loiventaminen ⁸⁾ ojan putkitus ⁹⁾ teräsverkko ¹⁰⁾ tien leventäminen, vaatii erillisen päätöksen, suunnittelu on esitetty kohdassa 7.
Vesipinta ylhäällä sivuojoissa	kuivatuksen kunnostaminen kohdan 6.5 mukaisesti murskenosto ¹⁾ lujiteverkko ¹⁰⁾

2.7 Teräsverkon asennustyön laadunvarmistus

Tienrakennushankkeen suunnitelma-asiakirjoissa määritetään, miten ja mihin kohtaan tietä teräsverkot asennetaan. Suunnitelma-asiakirjat on laatinut Suomen valtion omistamille teille elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus. Työkohdesuunnitelma-asiakirjoissa on ilmoitettuina tieosa ja tierekisterin paalulukema, mistä verkot alkavat ja mihin ne päättyvät. Tiekisterin paikat tulee merkitä maastoon paalutikuilla, jossa sijainti vielä tarkastetaan tilaajan edustajan kanssa. Lemminkäisellä merkitsemisen apuna käytetään esimerkiksi erilaisia GPS-verkkopohjaisia sovelluksia, kuten Autori-sovellusta. Laadunvarmistuksena teräsverkon oikea sijainti kirjataan myöhemmin tilaajalle luovutettavaan laadunvarmistuspöytäkirjaan.

Urakkakohtaisissa tuotevaatimuksissa on määritetty erikseen tilaajalle luovutettava materiaali, johon on määritetty tarkat laadunvarmistustöimenpiteet ja pöytäkirjassa esitettävä dokumentaatio.

Asennustyövaiheen aikana kerroksia tarkkaillaan ja mitataan, jotta saadaan työkohdesuunnitelmien mukaiset rakenteiden kerrospaksuudet. Oikea syvyys varmistetaan työvaiheen edetessä koekuopin esimerkiksi 50 m:n välein satunnaisesta paikasta ajorataa. Syvyyden mittatoleranssi on useasti 3 cm (ks. Kuva 14).

Riittävä ankkuroinnin lujuus pystytään varmistamaan rasialeikkauskokeella. Kokeessa teräsverkosta leikattu, kooltaan noin $0,3 \text{ m}^2$:n pala asetetaan kahden rasian väliin. Rasioissa on vallitsevan maaston mukaista maainesta tai suunnitelmien mukaista ainesta. Kokeeseen pyritään saamaan todellisten olosuhteiden vastaavat tekijät. Teräsverkon ankkuroituminen perustuu maarakeiden kiilautumiseen verkon aukkoihin. Leikkauskokeen tuloksena saadaan leikkausvastus teräsverkon ja maan välille. Yleisesti ottaen sertifioidulla, suunnitelmienmukaisella tai hyväksytyllä kiviaineksilla saadaan riittävä ankkuroituminen, jolloin erillisiä kokeita ei vaadita. (Liikennevirasto 2012, 25.)

Käytettävästä kiviaineksista tulee osoittaa aineksen kelpoisuus rakeisuustutkimuksen perusteella. Rakeisuuden tutkimus tehdään hyväksytyssä laboratoriossa. Laboratoriossa tutkimustuloksesta tehdään rakeisuustodistus. Kokeiden tuloksista laaditut todistukset liitetään laadunvarmistuspöytäkirjaan.

Pintarakenteen tiiveys ja kosteus mitataan viimeistellyn pintakerroksen päältä esimerkiksi Troxler-laitteella. Mittauksen arvojen tarkkuus on ilmoitettu urakkakohtaisissa tuotevaatimuksissa. Tulokset kirjataan pöytäkirjaan. Tässä opinnäytetyössä ei paneuduta tämän tarkemmin teräsverkon mitoittamiseen tai tutkimiseen.



Kuva 14. Teräsverkon laadunvarmistusmittaus (Kumpulainen 2017).

3 TERÄSVERKON ASENNUSTYÖN KEHITTÄMISEN TUTKIMUSSUUNNITELMA

3.1 Teräsverkon kehitysprojektin asennustyön osa-alueet

Liikenne ja turvallisuus -osa-alueessa tarkastellaan olosuhteiden vaikutusta ja ihmisten liikennekäyttäytymistä tieverkon asennustyömaalla. Tärkeässä osassa on myös käsin tehtävän työn ergonomia, joka vaikuttaa turvallisuuteen. Tarkastelun kohteena on työmaan oman liikenteen vaikutus työn sujuvaan toteuttamiseen.

Kalusto-näkökulmalla tarkastellaan tehokkuutta ja sopivan kalustomäärän riittävyyttä kuhunkin käyttötilanteeseen. Olennaisina osina ovat kaluston yksityiskohdat, kuten kauhat, lavat ja apuvälineet.

Asennustekniikka-näkökulmalla pyritään tarkastelemaan työn tehokasta etenemistä. Siinä kiinnitetään huomio yksityiskohtaiseen käytännön toteutukseen ja pyritään löytämään ne tekijät, jotka nopeuttavat tai helpottavat työvaihetta. Asennustekniikalla myös kartoitetaan työvuoron saavutukset ja laatu.

3.2 Teräsverkon asennustyö osa-alueiden aineiston keräys ja toteutussuunnitelma

Opinnäytetyön aineisto kerättiin kesän 2017 Lemminkäisen tietyötyömaiden aikana. Aineistoa kerättiin työvaiheiden aikana valokuvaamalla ja kirjaamalla työmaapäiväkirjaan saavutukset ja tärkeät havainnot.

Liikenne ja turvallisuus -osa-alueen aineisto kerättiin työmaahavaintojen perusteella. Havainnot kirjattiin työmaapäiväkirjaan.

Kaluston aineistoon kerättiin tärkeät huomiot työmaalta. Suunnitellun kaluston määrän ja toimivuuden tiedot otettiin talteen kirjaamalla ne työmaapäiväkirjaan.

Asennustekniikka-osion aineisto kerättiin työmaalta. Opinnäytetyötä varten laadittiin erilliset havainnollistavat suunnitelmat, joita hyödynnettiin työmailla. Suunnitelmien pohjalta kerättiin työvuoron saavutuksen tiedot pieneen taulukkoon, ja laadulliset havainnot pyrittiin kertomaan työmaahavaintojen ja teorian analyysin perusteella.

4 TERÄSVERKON ASENNUSTYÖN KEHITTÄMISEN TULOKSET

4.1 Teräsverkon asennus kaivamalla

4.1.1 Liikenne ja turvallisuus

Päivällä tehtävässä työssä liikennemäärät ovat pienempiä. Isoilla valtaväylillä saatetaan joutua asentamaan verkkoja yöllä, koska liikennemäärä on sen verran suuri päivisin, mikä hidastaa työtä jatkuvan liikenteen ohitsepäästämisen takia.

Liikennettä ohjataan joko erillisillä liikenteenohjaajilla tai liikennevaloilla (ks. Kuva 15). Liikennevalojen etu on, että autoilijat odottavat kärsivällisesti ja hallitusti kaistalla. Liikennevalot tulisi asentaa erillisellä ajastimella teräsverkon asennuspaikan molempiin päihin vähintään sadan metrin päähän asentamistykohdasta. Liikennevalot toimivat näin ollen itsenäisesti ja ulkopuolisia ohjaajia ei tarvita.

Kun käytetään ihmisiä liikenteenohjaajina, vaarana on, että autoilijat ajavat heidän päälle. Ohjaajia halutaan kuitenkin käyttää, kun liikenne halutaan päästää ripeästi työmaan läviste ja se onkin erittäin käytännöllinen keino työmaan oman liikenteen kannalta. Ennen asennustöitä on varmistettava varoitusmerkkien ja tieliikennekeskuksen ilmoituksen voimassaolo.

Asennustyön ergonomiassa on huomioitava ihmisen lihasvoimat. Käsien siirrettävien verkkojen avuksi on hyvä ottaa noin puolen metrin mittainen harjateräksestä taivutettu apukoukku. Näin ollen pystytään säästämään selkää kuormitukselta sekä käsiä ja jalkoja vaarallisilta teräsverkonpäiltä.

Kaivamistyössä on otettava liikenne huomioon. On sijoitettava siten, että ei haitata liikennettä. Teräsverkon pohjaa kaivettaessa on pohjan pysytävä mahdollisimman tasaisena ja loivareunaisena, jotta autoilijat pääsevät sujuvasti kulkemaan työalueen ohitse. Verkonpohjan ollessa pehmeä ja möykkyinen saattavat autot ajaessaan jumittua kiinni tai jopa rikkoutua.



Kuva 15. Liikenteenohjaus on paikallaan, taustalla asennusryhmä (Kumpulainen 2017).

4.1.2 Kalusto

Kalusto on mitoitettava kulloisenkin työkohteen mukaan. Kaivinkoneen koko on hyvä määrittää siten, että se ulottuu kaivamaan molemmat kaislat samasta paikasta. Vastaavasti kevyen liikenteen väylillä riittää pienempi kone.

Kaivamistyössä sopiva kauha on tasainen, matala ja leveä luiskakauha.

Kaivinkoneen kannattaa olla tela-alustainen (ks. Kuva 16), koska se on paljon vakaampi kuin pyörillä varustettu.

Teräsverkkojen kuljettamista varten on oltava riittävän suuri ja järeä lavakärry tai erillisellä nostimella varustettu konelavallinen kuorma-auto. Kuorma-autolla pystytään nostamaan verkkoniput kyytiin, ja ne pystytään helposti purkamaan kyydistä. Erillisellä kärryllä toimittaessa on oltava erillinen nostokalusto.



Kuva 16. Kaivinkone Hitachi zaxis 350 (Kumpulainen 2017).

Työryhmien määrä ja kalusto määräytyvät teräsverkkomäärän perusteella. Pienemmät määrät, alle 20000 m², pystytään toteuttamaan yhdellä ryhmällä.

Hyväksi havaittu kalustomäärä on yksi kaivinkone, tasauskauhalla varustettu pyöräkuormaaja (ks. Kuva 17), lavakuorma-auto tai kuljetuslava, kaksi automaattiliikennevaloa ja kaksi työmiestä, jotka asettelevat verkot paikalleen.



Kuva 17. Pyöräkuormaaja tasaa pohjaa (Kumpulainen 2017).

4.1.3 Asennustekniikka

Työvaihe toteutetaan liitteen 1 suunnitelman mukaan. Työn toteutuksessa tärkeintä on, ettei aikaa kuluteta työvaihetta miettiessä.

Teräsverkkojen jakaminen pientareelle lastauspaikalta on aikaa vievää, koska verkkoniput joudutaan purkamaan ja lastaamaan kyytiin nippu kerrallaan. Pyöräkuormaajaan pystytään asentamaan nostopiikit, joiden avulla niput saadaan kätevästi siirrettyä. Asennuspaikalla verkot on hyvä jakaa valmiiksi, jos tieympäristö sen sallii. Jakamistyön täytyy tapahtua reippaalla vauhdilla, jotta liikenne ei mene solmuun samanaikaisen kaivintyön aikana.

Kaivamistyöhön on syytä kiinnittää huomiota. Työ on toteutettava kaivamalla ensin asennuspohja toiselle kaistalle oikeaan syvyyteen; maamassat sijoitetaan liikennöimättömälle kaistalle. Kaivinkoneella siirrytään siirrettyjen maamassojen päälle (ks. Kuva 18). Maamassan päältä kaivetaan verkoille kahden verkon mitan kokoinen paikka.

Kaivinkoneen on siirrettävä maamassa tieltänsä takaisin verkon päälle, jolloin verkot saadaan piiloon ja ylimääräisiä massoja ei pääse kertymään loppua kohden tielle. Maamassojen oikealla hallinnalla saavutetaan riittävä, suunnitelmien mukainen asennuskerros teräsverkolle.

Vaihtoehtoisesti kaivamistyön sijaan työmaalla kokeiltiin avata verkon asennuspohja tiehöylällä höyläämällä kaistoittain oikeaan kerrossyvyyteen. Työssä havaittiin ongelmaksi maamassojen sijoittuminen penkereen päälle. Maamassat pyrkivät valumaan luiskiin ja tienkuivatusjärjestelmään. Lisäksi massat piti lopulta laittaa takaisin kaivinkoneella.

Työvaihetta kokeiltiin kahdella kaivinkoneella kaivamalla, mutta sekin todettiin haasteelliseksi, koska isot työkoneet vievät kaiken tilan liikenteeltä. Koneiden työalue on pieni, ja puomit saattavat osua toisiinsa.

Kaivintyössä on vaarana, että edellisen verkon pää hukkuu maan alle. Tästä tulee ylimääräistä tarkkuutta ja aikaa vaativaa työtä. Verkon pään hukkuessa verkkoja ei pystytä asentamaan oikeaoppisesti puskusaumoin. Vaarana on myös verkon rikkoontuminen etsintätyössä. Harkituilla ja reippailla otteilla saavutetaan hyvä lopputulos. Työsaavutus on taulukossa 2.



Kuva 18. Kaivinkone työssä valtatie 21:llä (Kumpulainen 2017).

4.2 Teräsverkon asennus alusrakenteen päälle

4.2.1 Liikenne ja turvallisuus

Työvaihe aloitetaan olosuhteiden ja työn vaatimilla liikennejärjestelyillä. Sumuisella säällä alusrakenteen päälle asennettavien verkkojen asentaminen on vaarallista. Tällöin voidaan käyttää varoituskartioihin asennettavia varoitusvaloja ja lisätä varoituskartioita varoittamaan hyvissä ajoin työstä.

Teräsverkkojen purkaminen suoraan kuorma-auton lavalta on tehokasta. Kaistalla ajettaessa ja verkkoja vedettäessä suoraan lavalta paikalleen on oltava tarkkana: liikenne liikkuu ympärillä ja verkkonippu saattaa purkautua vedettäessä lavalta työntekijän päälle. Turhien riskien ottamista on syytä välttää. Tällä menetelmällä saavutetaan liikenteen nopea kulkeminen työalueelta pois. Tässä työvaiheessa on käytännöllistä käyttää erillisiä liikenteenohjaajia vaiheen nopean liikkuvuuden takia.

Työmaan oma liikenne kuormittaa ladottuja verkkoja. Raskaat taakat saattavat aiheuttaa deformaatiota ja asennuksen purkaantumista puskaumoista. Tällöin työ tulisi toteuttaa siten, että verkot asennetaan osuus kerrallaan (ks. Kuva 19) ja verkkojen päälle laitettaisiin työkohtesuunnitelmien mukainen maa-aineskerros.



Kuva 19. Murskeen levitys verkon päälle. Kaukana taustalla liikenteenohjaaja. (Kumpulainen 2017)

4.2.2 Kalusto

Teräsverkkoja ladottaessa käytännöllinen työryhmä ja toimiva kalusto on nosturilla varustettu kuorma-auto, jossa on avoin konelava, kaksi työntekijää, jotka tarvitaan asentamaan verkkoja, ja kaksi liikenteenohjaajaa, jotka opastavat liikennettä. Lisäksi tarvitaan pohjajyrä (ks. Kuva 20) ja tiehöylä (ks. Kuva 21), kun maakerroksia levitetään verkon päälle.



Kuva 20. Kaistan tiivistystyössä 13 tonnin painoinen Dynapac-pohjajyrä (Kumpulainen 2017).



Kuva 21. Tiehöylä Vammala RG 17 (Kumpulainen 2017).

4.2.3 Asennustekniikka

Työvaihe toteutetaan liitteen 2 suunnitelman mukaan. Kuten kohdassa 4.1.3 mainitaan, jää tässä menetelmässä teräsverkkojen jakaminen pientareelle ja kaivaminen kokonaan pois. Työ nopeutuu merkittävästi. Verkot asennetaan hyvin tiivistetyn ja muotoillun pohjan päälle kuorma-auton lavalta (ks. Kuvat 22 ja 23).

Verkot päästään peittämään nopeasti maamassalla. Maamassa levitetään lavalta kippaamalla ”matoksi”. Kuorma-autoilijoita pitää ohjeistaa siten, etteivät he suorita äkkipysäytyksiä asennettujen verkkojen päällä.

Kerrospaksuuksia ja pohjan muotoa ei pidä työstää turhaan. Ylimääräisen työstämisen jäädessä pois työvaihe on hallitumpi toteuttaa. Hallittu asentaminen näkyy tien elinkaareissa ja pintarakenteiden kestossa. Työsaavutus on esitelty taulukossa 2.



Kuva 22. Teräsverkon asennusta (Kumpulainen 2017).



Kuva 23. Teräsverkon asennusta (Kumpulainen 2017).

4.3 Teräsverkon asennus päällysrakenteeseen

4.3.1 Liikenne ja turvallisuus

Kaikissa päällystystöissä on pääsääntöisesti käytettävä liikennevalo-ohjausta (Liikennevirasto 2017, 45). Liikenne pystytään ohjaamaan työosuuden ohitse turvallisesti.

Teräsverkot ladotaan samalla tavalla kuin edellisessä kappaleessa kerrottiin. Verkot asennetaan käsityönä.

Asfalttimassa-autot kuljettavat asfaltin levittäjälle kuumaa asfalttia. Päälysteaine levitetään erillisellä asfaltinlevittäjällä (ks. Kuva 24). Kuuma asfaltti on haasteellinen elementti teräsverkolle, sillä kuuma massa liikkuu laitteessa eteenpäin ja jos teräsverkko on asennettu huolimattomasti, se saattaa tarttua levittäjään tai puskea verkot pilalle.

Työvaihe on toteutettava rauhallisesti, sillä liikenne ja kuormitusjännitykset verkoille ovat suuret. Jännittyessään verkko saattaa taittua vaarallisesti ylös ja aiheuttaa riskitekijöitä työntekijöille ja autoilijoille. Asfalttirakenteen tiivistystyössä on oltava varovainen, sillä jäähtyvä asfalttimassa on hyvin tarttuvaa. Tarttuessaan verkko ja asfaltti voivat kietoutua jyrän valssin ympärille.

4.3.2 Kalusto

Työvaihe on hyvin laaja ja on yleensä osa suurempaa hanketta. Työ vaatii asfaltointikaluston. Kalustoon kuuluvat esimerkiksi levitinkone, asfaltinliimamopo ja erilaisia valssijyriä. Tässä opinnäytetyössä ei paneuduta tämän tarkemmin asfaltin levityskalustoon.

Teräsverkon asennustyövaiheessa tarvitaan pieni ryhmä. Teräsverkkojen kuljetukseen tarvitaan nostimella varustettu konelavallinen kuorma-auto sekä kaksi teräsverkkojen asentajaa. Liikenteen ohjaus on osa asfaltointityötä.



Kuva 24. Asfaltointi teräsverkoilla (Roadex n.d.).

4.3.3 Asennustekniikka

Työvaihe toteutetaan liitteen 3 suunnitelman mukaan. Teräsverkkojen levittäminen tehdään latomalla suunnitelmien levyiset teräsverkot tasatun asfalttipinnan päälle. Verkot päällystetään suunnitelmien edellyttämällä suojamassakerroksella.

Verkkojen levitystyö on hyvä toteuttaa riittävän välimatkan päässä asfaltinlevitysryhmästä, esimerkiksi sadan metrin päässä. Asfaltin tuonti kuorma-autoilla levittimelle asettaa työtekniikalle vaatimuksen asentaa riittävän etäällä liikenteestä kuitenkin niin, että verkot ehditään asettelemaan käsityönä vaatimusten edellyttämällä tavalla.

Kuvassa 25 esitetään, kuinka asfalttikerrokset ovat olleet liian ohuet ja ajan saatossa tuoneet halkeamat näkyviin. Työsaavutus on taulukossa 2.



Kuva 25. Teräsverkkorakenne näkyy päällysteessä (Kumpulainen 2017).

Taulukko 2. Asennustyön saavutukset (Kumpulainen 2017).

Asennustyön saavutukset	Työsaavutus 1 h [m]	Työsaavutus 8 h [m]	Teräsverkon koko
Teräsverkon asennus kaivamalla	35	304	B500K 7/6-100/150-8000
Teräsverkon asennus alusrakenteen päälle	70	562	B500K 7/6-100/150-6000
Teräsverkon asennus päällysrakenteeseen	30	240	B500K 7/6-100/150-6300

4.4 Kehityskysymykset

Asennustyötä kehitetään siten, että työvaihe opastetaan suunnitelman avulla riittävän selkeästi ja yksiselitteisesti. Työntekijöille kerrotaan aikataulu ja päämäärät, joihin pyritään.

Yhteiset pelisäännöt, tekemiseen keskittyminen ja asenne vaikuttavat kokonaistulokseen. Tavoitteiden ja tiedon hyödyntäminen tekemiseen luo ratkaisevan pohjan työskentelylle. Asennustyötä pitää kehittää, koska työvaihe on hyvin työläs ja venyessään aiheuttaa aikatauluongelmia.

Asennustyötä parannetaan niin, että työjohtamisen alkuvaiheessa suunniteltaessa toteutusta ajatellaan tehostavia tekijöitä: esimerkiksi raha on yksi työkalu, jonka kautta löydetään vastaus toteuttaa työ neliömääriin perustuvalla urakkahinnalla, jolloin työ saadaan toteutettua motivoituneesti, laadukkaasti ja nopeasti. Toisena merkittävänä tekijänä on valita oikean kokoinen ja laadukas kalusto sekä osaava työryhmä.

Hyvillä ja huolellisilla alkuvalmisteluilla autetaan työn aloittamista ja toteuttamista. Kokemus asentamistyöstä on arvokasta sillä se auttaa saamaan työn tehokkaasti valmiiksi

5 JOHTOPÄÄTÖKSET JA POHDINTA

5.1 Tulosten pohdinta ja johtopäätökset

Tämän opinnäytetyön tuloksena syntyi kolme visuaalista suunnitelmaa teräsverkon asennustyöhön. Lisäksi työssä saatiin kartoitettua asennustyön nopeutta ja onnistuttiin löytämään vastauksia tarkastelun avulla kehitys- ja tutkimuskysymyksiin. Tietoa saatiin koottua erilaisista tietolähteistä pieneksi kokonaisuudeksi, joka oli hyvä perusta tähän opinnäytetyöhön ja itse asennustyössä tarvittavaan osaamiseen.

Asennustyön saavutuksissa on vain kesän 2017 tuloksien keskiarvo. Parempi tarkastelu- ja vertailuperuste olisi saatu pidemmän aikavälin tarkastelulla. Mahdollista aikaisempaa tutkimustyötä ei pystytty vertaamaan näihin tuloksiin, koska tuloksia ei ollut saatavilla näkyvissä tietolähteissä. Selvittäminen vaatisi laajamittaisen työn, mutta tulokset voisivat luoda tasaisen kilpailun edellytykset urakkakilpailutuksessa.

Asennustyösaavutukset -taulukoon vaikuttivat laaditut suunnitelmat positiivisesti. Perehdytyksen yhteydessä, ennen töiden aloittamista opinnäytetyössä laadittujen suunnitelmien avulla pystyttiin antamaan ohjeistus selkeässä muodossa työn toteuttajille. Perehdytyksellä työmenetelmiin pystyttiin vaikuttamaan heti työn alkuvaiheessa. Työntekijöiden ei

tarvinnut käyttää aikaa toteutuksen miettimiseen. Inhimillisenä tekijänä työsaavutuksiin vaikuttivat kuitenkin erityisesti koneen käyttäjät ja työryhmän työntekijät. Jokaisella tekijällä on tärkeä rooli lopputuloksen kannalta.

Menetelmien osa-alueiden tarkastelu oli melko haasteellista, koska työmaatoiminta on hyvin laajaa ja jokaista osuutta ei pystytty niin tarkasti seuraamaan kuin mitä tarkastelutyö olisi vaatinut. Tarkastelulla kuitenkin saavutettiin tärkeää tietoa jatkon kannalta, ja sitä pystytään hyödyntämään mahdollisissa seuraavissa urakoissa.

5.2 Kehitysehdotukset

Opinnäytetyötä varten laadittuja suunnitelmia voitaisiin jalostaa siten, että siihen lisättäisiin työmaaseurannan ja dokumentoinnin kannalta olennaisia tekijöitä. Työsaavutuksien ja työn kehityksen seurantaan voitaisiin luoda yhteinen tietokanta tai järjestelmä, jolla toteutumatietoja koottaisiin. Tämä auttaisi ulkopuolisia hankesuunnittelijoita ja muita työn toteutustekijöitä saavuttamaan tehokkaamman lopputuloksen ja laatimaan järkeviä toteutusaikataulutuksia.

LÄHTEET

InfraRYL 11100.3 (2009). Routanousu. Helsinki: Rakennustieto Oy. Haettu 3.10.2017 osoitteesta

https://www.rakennustieto.fi/infraryl/extra/toimivuusvaatimukset.html.stx?id=RA11100id1600075_2009_2

InfraRYL 21620.3.1 (2009). Lujitteiden asentaminen. Helsinki: Rakennustieto Oy. Haettu 5.10.2017 osoitteesta

<https://www.rakennustieto.fi/infraryl/extra/teknisetvaatimukset.html.stx?URL=c3Vic2Vzc2lrbj0xJm5hdml1cmk9aHR0cCUzQSUyRiUyRmxvY2FsaG9zdCUzQTgwODAlMkZpbmRveCUyRm-luZG94c2VydmlldCUzRnhtbCUzREluZnJhUllMJTJGMjAwOV8yJTJGdGwIMkZ0eW9sYWppdC54bWwIMjZkb2N1bWVudHJvbGUIM0RpbmZyYXJ5bC10b2MIMjZ0OV9wYXJhbSUzRHN0cmduZyUzQXBvaXN0ZXR0YXZhdF9rYXl0dG9rb2h0ZWV0JTNBbm9uZSZvcGVubm9kZT0wOjE6MTY5OToxNzAxOjI1MTU6MjUxNzo=>

Lemminkäinen (n.d.) Yritys. Haettu 27.10.2017 osoitteesta

<http://www.lemminkainen.fi/lemminkainen/yritys/>

Liikennevirasto (2012). Geolujitetut maarakenteet. Haettu 14.10.2017 osoitteesta

https://julkaisut.liikennevirasto.fi/pdf3/lop_2012-02_geolujitetut_maarakenteet_web.pdf

Liikennevirasto (2017). Liikenne ja työturvallisuus päällystys- ja tiemerkin-tätöissä. Haettu 23.10.2017 osoitteesta

https://julkaisut.liikennevirasto.fi/pdf8/lo_2017-06_paallystys_tiemerkintatyot_web.pdf

Pintos Oy (n.d.). Tuotteet. Haettu 24.10.2017 osoitteesta

<http://www.pintos.fi/tuotteet/raudoitteetteollisuuteen/getfile.php?file=675>

Roadex (n.d.). Suunnittelu pysyviä muodonmuutoksia vastaan. Haettu 27.10.2017 osoitteesta

<http://www.roadex.org/fi/e-learning/kurssit/pysyvät-muodonmuutokset/7-suunnittelu-pysyvia-muodonmuutoksia-vastaan/>

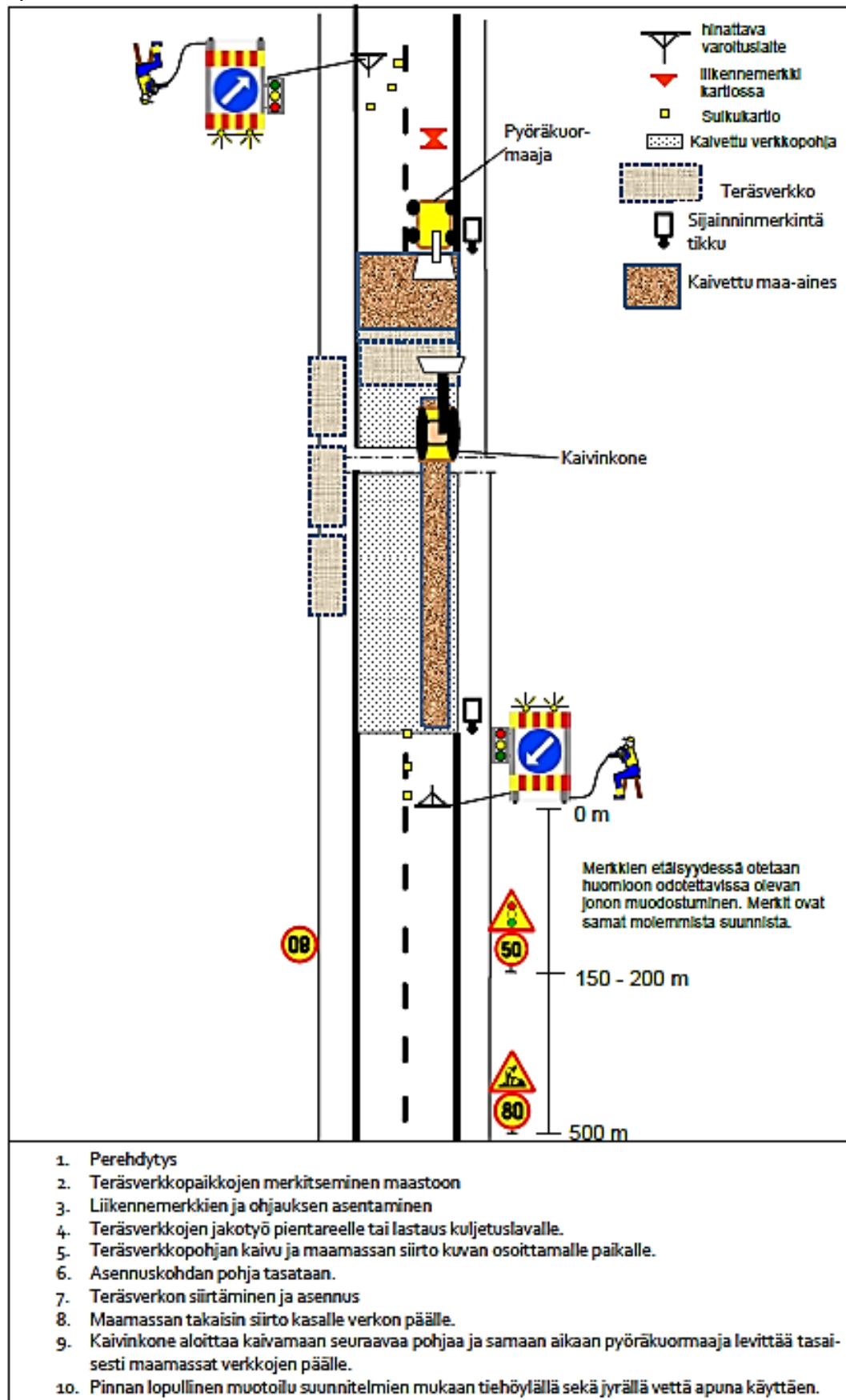
Tiehallinto (2005). Rakenteen parantamisen suunnittelu. Haettu 20.2.2016 osoitteesta

<https://julkaisut.liikennevirasto.fi/thohje/pdf/2100035-v-05rakentparantsuun.pdf>

Tiehallinto (2009). Teräsverkkojen käyttö tierakenteissa. Haettu 21.2.2017 osoitteesta
https://julkaisut.liikennevirasto.fi/pdf2/3201134-v-terasverkkojen_kaytto.pdf

Yle (2013). Maaseudun tiet rapistuvat –valitus lähdössä oikeus kanslerille. Haettu 27.10.2017 osoitteesta
<https://yle.fi/uutiset/3-6907728>

Työsuunnitelma 1



Työsuunnitelma 2

